

اثر منابع آلی و شیمیایی نیتروژن بر عملکرد دانه برخی ارقام کلزا و ویژگی‌های خاک

معرفت مصطفوی‌راد*^۱، زین‌العابدین طهماسبی سروسنایی^۲، سید علی محمد مدرس ثانوی^۳ و امیر قلاوند^۴

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۵/۲۱

۱- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گیلان

۲- دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران

۳- استاد گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران

۴- دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mmostafavirad@gmail.com

چکیده

برای بررسی اثر منابع آلی و شیمیایی نیتروژن بر عملکرد ارقام کلزای زمستانه، برخی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و میزان عناصر غذایی قابل جذب گیاه در خاک مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی، مس و گوگرد، دو آزمایش مزرعه‌ای در طی سال‌های زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۹ و ۱۳۸۷-۱۳۸۸ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی (اراک) اجرا شد. آزمایش‌ها به صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور شامل منبع نیتروژن در سه سطح آزوکمپوست، ۵۰٪ آزوکمپوست + ۵۰٪ اوره و اوره و ارقام کلزا شامل اوکاپی، مودنا و لیکورد در سه تکرار اجرا شد. منابع نیتروژن به مقداری مصرف شدند که ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به خاک اضافه شود. نتایج نشان داد که بین منابع مختلف نیتروژن از نظر عملکرد دانه و ویژگی‌های خاک شامل درصد رطوبت جرمی، چگالی ظاهری، قابلیت هدایت الکتریکی، pH خاک، ماده آلی خاک، درصد اشباع، درصد تخلخل و سرعت نفوذ آب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. ارقام کلزا از نظر عملکرد دانه، ویژگی‌های خاک مانند چگالی ظاهری، قابلیت هدایت الکتریکی، ماده آلی خاک، درصد تخلخل و فراهمی عناصر غذایی نیتروژن، پتاسیم، آهن، روی، منگنز و گوگرد تفاوت‌های معنی‌دار داشتند. در این آزمایش‌ها، رقم لیکورد در تیمار تغذیه تلفیقی عملکرد دانه (۲۸۴۷ کیلوگرم در هکتار) بیشتری در مقایسه با دیگر تیمارها داشت. به علاوه، در تیمار تغذیه تلفیقی، فراهمی آهن، منگنز، روی و گوگرد در خاک افزایش ولی قابلیت فراهمی پتاسیم کاهش یافت. در این پژوهش، کاربرد تلفیقی کودهای آزوکمپوست و اوره، عملکرد دانه رقم لیکورد را افزایش داد و بسیاری از ویژگی‌های خاک را بهبود بخشید. به همین جهت تغذیه تلفیقی (۵۰٪ آزوکمپوست + ۵۰٪ اوره) و توسعه سطح کشت رقم لیکورد برای افزایش تولید کلزا می‌تواند توصیه شود.

واژه‌های کلیدی: عملکرد، عناصر غذایی، کلزا، کیفیت خاک، منابع نیتروژن

Effects of Organic and Inorganic Nitrogen Sources on Seed Yield of Some Rapeseed (*Brassica napus* L.) Varieties and Soil Properties

M Mostafavi Rad^{1*}, Z Tahmasebi Sarvestani², SA M Modares Sanavy³ and A Ghalavand⁴

Received: 14 January 2014 Accepted: 12 August 2014

¹- Assist. Prof., Agricultural and Natural Resources Research Center of Markazi Province, Guilan, Iran

²- Associate prof., Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres Univ., Tehran, Iran

³- Prof., Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres Univ., Tehran, Iran

⁴- Assoc. prof., Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres Univ., Tehran, Iran

*Corresponding Author Email: mmostafavirad@gmail.com

Abstract

In order to assess the effects of organic and inorganic nitrogen sources on yield of some winter rapeseed (*Brassica napus* L.) varieties, soil physicochemical properties and available nutrient elements such as nitrogen, potassium, phosphorus, iron, manganese, zinc, copper and sulphur, two field experiments were carried out during 2008 - 2010 cropping seasons as factorial arrangement in randomized complete blocks design in three replications at the Agricultural and Natural Resources Research Center of Markazi Province, Arak, by using two factors of nitrogen sources at three levels of Azocompost, 50% Azocompost plus 50% urea, 100% urea and three rapeseed varieties including Okapi, Modena and Licord. Nitrogen sources were utilized such that a net quantity of 150 kg N/ha was added to the soil. The results showed that there were significant differences between the nitrogen sources for seed yield and soil properties including moisture weight, bulk density, soil electrical conductivity, pH, organic matter, saturation percentage, porosity percentage and infiltration velocity at 1% probability level. The rapeseed varieties had significant differences for seed yield and soil properties such as bulk density, electrical conductivity, organic matter, porosity percentage and also for the availability of nitrogen, potassium, iron, zinc, manganese and sulphur elements in the soil. In these experiments, the Licord variety showed a greater yield (3847 kg/ha) at integrated nutrition system compared to the other treatments. In addition, the availability of Fe, Mn, Zn and S in soil solution were increased, but the availability of K was decreased. In this research, the integrated application of Azocompost and Urea fertilizers, increased seed yield of Licord cultivar and improved the most of soil properties. Therefore, the integrated nutrition (50% Azocompost plus 50% urea) and extension of Licord variety cultivation area could be recommended for the rapeseed yield enhancement.

Keywords: Nitrogen sources, Nutrient elements, Rapeseed, Soil quality, Yield

مقدمه

خاک را کاهش داده است (بالسدنت و همکاران ۱۹۹۹). یکی از راه‌های افزایش مواد آلی خاک، کاربرد کودهای آلی با منشأ گیاهی نظیر کمپوست می‌باشد (موحدی نائینی و کوک ۲۰۰۰). بررسی‌ها نشان داده است که منابع ارگانیک در تلفیق با کود شیمیایی می‌توانند به افزایش حاصلخیزی خاک و تولید محصول منجر شود، چون در این سیستم

کلزا (*Brassica napus* L.) در بین دانه‌های روغنی پس از سویا، مقام دوم را دارا می‌باشد. این محصول به دلیل دارا بودن ذخایر غنی اسیدهای چرب و پروتئین‌های گیاهی، در بازارهای جهانی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (خاتمیان اسکویی ۱۳۹۰). در کشاورزی متداول از جمله زراعت کلزا، سامانه متداول زراعی میزان مواد آلی

برخی عناصر کم مصرف مانند روی، بور و مس باشد در حالی که در نظام‌های زراعی فشرده، مواد آلی و عناصر غذایی خاک به سرعت تخلیه می‌شوند و استفاده متمرکز از کودهای شیمیایی عملکرد گیاهان زراعی را تقلیل می‌دهد و این کاهش عملکرد ناشی از کاهش فعالیت بیولوژیک و نامساعد شدن خصوصیات فیزیکی خاک و عاری بودن کودهای پرمصرف از عناصر کم-مصرف می‌باشد (آدیدیران و همکاران ۲۰۰۴).

کودهای شیمیایی و آلی به تنهایی نمی‌توانند پایداری تولید را تضمین کنند، بلکه استفاده تلفیقی از آنها می‌تواند یک راه حل مناسبی برای افزایش پایداری تولید در نظام‌های زراعی باشد (شارپلی و همکاران ۲۰۰۴). مزیت نظام‌های تغذیه تلفیقی در بسیاری از زراعت‌ها از قبیل خردل (پاترا و همکاران ۲۰۰۰)، آفتابگردان (حسن زاده قورت‌تپه ۱۳۸۴)، سویا و سورگوم (گوش و همکاران ۲۰۰۴) و پنبه دانه (خلیگ و همکاران ۲۰۰۶) گزارش شده است.

در واقع مدیریت اراضی زراعی از طریق نظام تغذیه آلی می‌تواند نقش ارزنده‌ای در ویژگی‌های بیولوژیک، بیوشیمیایی و فیزیکی خاک داشته باشد (بیلی و لازارویس ۲۰۰۳). محققان دریافته‌اند که عملکردهای پایین کلزا، واکنش بیشتری به کودهای آلی نشان می‌دهند که بخشی از این واکنش با مقادیر بالای نیتروژن آلی موجود در کودهای آلی مرتبط است. بدین ترتیب، کاربرد کودهای آلی و بقایای گیاهی اثر قابل توجهی بر عملکرد و کیفیت دانه کلزا در مقایسه با کودهای شیمیایی دارند (راتک و همکاران ۲۰۰۵).

به علاوه، محققان اثر کمپوست بر تخلخل، هدایت هیدرولیکی و چگالی ظاهری خاک را مثبت و مهم ارزیابی کرده‌اند (وونگ و همکاران ۱۹۹۹). کاربرد کودهای آلی از طریق افزایش ماده آلی، فسفر قابل دسترس گیاه (آنتون و همکاران ۱۹۹۸)، نیتروژن نیتراتی و سایر عناصر غذایی (گراهام و وانس ۲۰۰۰) و همچنین بهبود ساختمان خاک (شارپلی و همکاران ۲۰۰۴)، سبب افزایش کمی و کیفی محصول می‌شود (گرچی‌اناری و همکاران ۱۳۸۶). کمپوست آزولا (آزوکمپوست) برای اولین بار در این تحقیق و تحت

اکثر نیازهای غذایی گیاه تأمین و کارآیی جذب مواد غذایی توسط محصول افزایش می‌یابد (پارمار و شارما ۱۹۹۸). به علاوه، افزایش فعالیت بیولوژیک خاک برای نیل به کشاورزی پایدار حائز اهمیت می‌باشد و این مهم تنها از طریق افزایش ماده آلی خاک به عنوان بستری برای فعالیت ریزجانداران خاک میسر است (لیوپوای و همکاران ۲۰۰۴). کاربرد منابع آلی علاوه بر بهبود فعالیت‌های بیولوژیک و اصلاح ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، به علت رهاسازی و جذب تدریجی عناصر غذایی توسط گیاه، آلودگی کمتری را در محیط‌زیست ایجاد می‌کند (روئی و همکاران ۱۹۹۷). افزایش مواد آلی در خاک‌های زراعی حل‌پذیری فسفر و عناصر کم‌مصرف به‌ویژه آهن، روی، منگنز و مس را افزایش می‌دهد (ساتیاولیو و همکاران ۱۹۹۴). همچنین، نتایج تحقیقات پیشین حاکی از آن است که کاربرد تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی نه تنها تولید را در نظام‌های زراعی فشرده در حد بالا نگه می‌دارد، بلکه باعث ایجاد ثبات و پایداری بیشتر تولید محصول در مقایسه با کاربرد کودهای شیمیایی می‌شود (رامشوار و سینگ ۱۹۹۸). استفاده از کمپوست به‌عنوان منبع نیتروژن و دیگر عناصر غذایی برای فعالیت ریزجانداران، به خاک حیات می‌بخشد و یک سرمایه‌گذاری بلند مدت بوده و جزء دایمی از ساختمان خاک تلقی می‌شود (علی‌خان و حسین‌خان ۲۰۰۶).

کمپوست آزولا (آزوکمپوست) نسبت به منابع آلی دیگر به دلیل بالا بودن درصد نیتروژن آن بر پایه ماده خشک، سهل‌الوصول بودن گیاه و استقرار سریع آزولا دارای مزیت می‌باشد. فراهمی نیتروژن موجود در کمپوست در کشت فاریاب و در سال اول و دوم زراعی به ترتیب معادل ۳۵ و ۲۰ درصد نیتروژن بر حسب ماده خشک گزارش شده است (اقبال و همکاران ۲۰۰۱). محدودیت نیتروژن ناشی از کمبود مواد آلی از عوامل مهم محدود کننده عملکرد کلزا در بسیاری از مناطق تحت کشت آن به شمار می‌رود (راتک و همکاران ۲۰۰۶).

کاربرد کودهای آلی می‌تواند گام مؤثری در جهت کاهش اثرهای سوء استفاده از کودهای شیمیایی و بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و تأمین

غنچه‌دهی به صورت سرک استفاده شد. ابعاد کرت‌ها شامل شش ردیف ۵ متری با فاصله ۱۵ سانتی‌متر بود. جهت جلوگیری از نشت آب و نفوذ کود اوره، بین هر کرت یک پشته فاصله گذاشته و با پلاستیک پوشش داده شد.

همچنین، در پایان انجام هر آزمایش، عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه در آزمایشگاه خاک شناسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اراک اندازه‌گیری شد. همچنین، نفوذپذیری خاک به روش استوانه مضاعف و درصد رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم به روش وزنی تعیین گردید (علیزاده ۱۳۸۱). درصد ماده آلی خاک از رابطه ۱ و کربن آلی نمونه خاک با استفاده از روش اکسایش تر (طرفدار و مارشدر ۱۹۹۴) و درصد تخلخل خاک از رابطه ۲ اندازه‌گیری شد. به علاوه، برای اندازه‌گیری چگالی حقیقی از روش پیکنومتر استفاده گردید و چگالی ظاهری خاک به روش اسفاده از سیلندر و خشکاندن خاک در آون اندازه‌گیری شد (زرین-کفش ۱۳۶۷):

$$\text{Organic Matter\%} = \text{Organic Carbon\%} * 1.742 \quad [1]$$

$$Ps = [(Ds - Db) / Db] * 100 \quad [2]$$

در رابطه ۲، Ps، درصد تخلخل، Ds چگالی حقیقی و Db چگالی ظاهری می‌باشد.

اندازه‌گیری نیتروژن با استفاده از روش کج‌دال اتوانالیزر، فسفر به روش اولسن و سولفور معدنی به روش کدورت‌سنجی یا کالریتری (پیچ و همکاران ۱۹۸۲)، توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل VIS Spectrophotometer, Pharmacia، پتاسیم قابل جذب به روش استات آمونیوم (نادسن و همکاران ۱۹۸۲)، درصد مواد خنثی شونده و بافت خاک به روش هیدرومتری، قابلیت هدایت الکتریکی خاک با دستگاه هدایت سنج مدل Metrom 691 و میزان عناصر کم‌مصرف آهن، روی، مس و منگنز با دستگاه جذب اتمی مدل Thermo Elemental، Solaar (علی‌احیایی و بهبهانی ۱۳۷۲) و توسط محققان بخش تحقیقات خاک و آب، در آزمایشگاه خاک شناسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی اندازه‌گیری شد.

شرایط اقلیمی سرد و معتدل سرد در زراعت کلزا مورد استفاده واقع شد. این مطالعه، با هدف بررسی اثر منابع شیمیایی و آلی نیتروژن بر عملکرد برخی ارقام زمستانه کلزا و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در منطقه اراک انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در طی سال‌های زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۷ و ۱۳۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی (اراک) واقع در عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۴۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۷۰۸ متر از سطح دریا انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل منابع آلی (حدود ۱۱ تن در هکتار کود آزوکمپوست فرآوری شده در شرکت تحقیقاتی تولیدی سالم‌ساز محیط گیل در استان گیلان با ۳/۹ درصد نیتروژن بر حسب ماده خشک) با فرض رهاسازی ۳۵ درصد نیتروژن کودهای آلی در سال اول (اقبال و همکاران ۲۰۰۱)، تغذیه تلفیقی و شیمیایی نیتروژن شامل سه سطح N_1 (آزوکمپوست)، N_2 (۵۰ درصد آزوکمپوست + ۵۰ درصد اوره) و N_3 (اوره) بر مبنای ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (جکسون ۲۰۰۰) و ارقام کلزا در سه سطح V_1 (اوکاپی)^۲، V_2 (مودنا)^۳ و V_3 (لیکورد)^۴ بودند. تغییرات جوی محل انجام آزمایش در نمودارهای ۱ و ۲ نشان داده شده است.

قبل از عملیات کاشت کلزا، از عمق ۳۰-۰ سانتی متری سه نقطه از زمین مزرعه به صورت زیگزاک و با استفاده از اگر یک نمونه مرکب خاک تهیه شد و به آزمایشگاه خاک‌شناسی تحویل گردید (جدول ۱). تمامی کود آلی آزوکمپوست با مشخصات مندرج در جدول ۲ و یک سوم کود اوره، قبل از کاشت و یک سوم کود اوره در مرحله ساقه‌دهی و یک سوم باقیمانده در مرحله شروع

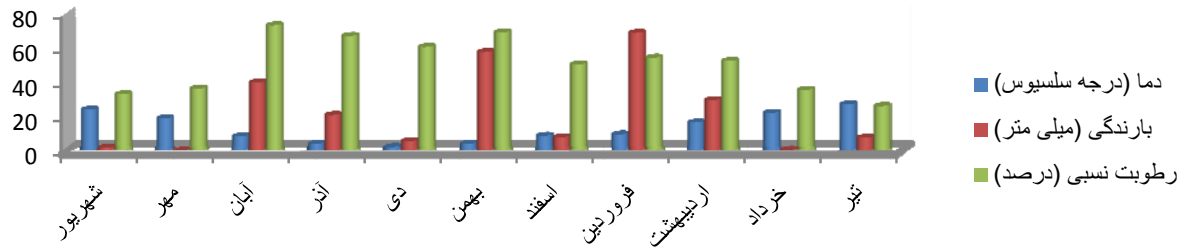
¹Azocompost

²Okapi

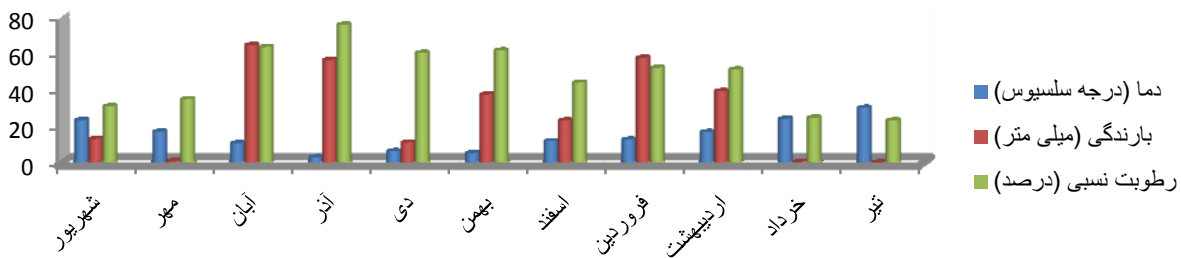
³Modena

⁴Licord

پس از جمع‌آوری داده‌ها و انجام آزمون بارتلت، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین داده‌ها در سطح احتمال ۵ درصد و به روش LSD انجام گردید.



شکل ۱- تغییرات جوی محل انجام آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۷-۱۳۸۸



شکل ۲- تغییرات جوی محل انجام آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۹

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش قبل از کاشت.

سال زراعی	عمق خاک (cm)	درصد اشباع	EC (dS/m)	pH (۱:۱)	کربنات کلسیم (%)	کربن آلی (%)	نیتروژن کل
۱۳۸۷-۸۸	۰-۲۵	۲۵/۳۵	۱/۳	۷/۳	۱۲/۹	۰/۵۱	۰/۰۴
۱۳۸۸-۸۹	۲۵-۵۰	۲۱/۲۵	۱/۱	۷/۴	۱۳/۳	۰/۴۸	۰/۰۵

ادامه جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش قبل از کاشت.

گروه بافت	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	آهن (mg/kg)	منگنز (mg/kg)	روی (mg/kg)	مس (mg/kg)	گوگرد (mg/kg)
لومی	۱۲/۴	۲۲۷/۵	۴/۵	۳۶/۱	۱/۷	۱/۴	۲۲
لومی شنی	۱۶/۳	۲۲۹	۴/۷	۳۷/۴	۱/۶	۱/۴	۲۵/۶

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی آزوکمپوست.

سال زراعی	EC (dS/m)	pH (۱:۱)	کربن آلی (%)	نیتروژن کل (%)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)
۱۳۸۷-۸۸	۳/۱۰	۵/۴۶	۳۲/۹	۳/۹	۱۳۶	۱۴
۱۳۸۸-۸۹	۳/۱۸	۵/۴۲	۳۱/۵	۳/۷	۱۵۷	۱۳

ادامه جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی آزوکمپوست.

کادمیوم	سرب	گوگرد	منگنز	مس	روی	آهن	سال زراعی
(mg/kg)							
۱/۵	۱۱	۲۵	۱۰۱۵	۴۱/۱	۱۱۷	۰/۷	۱۳۸۷-۸۸
۱/۶	۱۱/۳	۲۴	۱۰۰۹	۴۱/۳	۱۱۵	۰/۷	۱۳۸۸-۸۹

بر صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود و کلیه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در سال دوم زراعی بهبود معنی‌داری نسبت به سال اول نشان دادند (جدول ۴). چون آزمایش در دو سال متوالی در یک قطعه زمین انجام شد و جهت رعایت تناوب زراعی و جلوگیری از شیوع آفات و بیماری‌ها، قبل از مرحله رسیدگی محصول در سال اول، بذر شبدر برسیم بر مبنای ۱۰ کیلوگرم در هکتار به طور یکنواخت در تمام سطح مزرعه پاشیده شد و پس از برداشت کلزا، رشد شبدر ادامه یافت و قبل از گلدهی به صورت کود سبز به خاک برگردانده شد. بدین ترتیب، مواد آلی اضافه شده به خاک در طی دو سال زراعی روند افزایشی داشت و این امر در سال دوم زراعی سبب بروز تغییراتی در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه در مقایسه با سال اول زراعی شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر منابع مختلف نیتروژن بر تمامی صفات مورد مطالعه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. به علاوه، ارقام مختلف کلزا تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر عملکرد دانه و تمامی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی به استثنای قابلیت هدایت الکتریکی، درصد اشباع، غلظت فسفر و مس قابل جذب داشتند (جدول ۳). همچنین، برهمکنش منابع نیتروژن × ارقام کلزا اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه، درصد رطوبت وزنی خاک در نقطه پژمردگی دائم، چگالی ظاهری، ماده آلی خاک، درصد تخلخل، سرعت نفوذ آب در خاک و فراهمی عناصر غذایی از قبیل آهن، منگنز و گوگرد خاک مزرعه آزمایشی داشت، ولی بر بقیه صفات مورد مطالعه اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۳). در این آزمایش، اثر متقابل سال × منابع نیتروژن

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک پس از برداشت کلزا تحت تاثیر منابع نیتروژن.

میانگین مربعات										
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	درصد رطوبت جرمی	چگالی ظاهری	هدایت الکتریکی	pH	ماده آلی	درصد اشباع	درصد تخلخل	سرعت نفوذ آب
سال (Y)	۱	۱۹۹۱۳۴۲/۷ ^{**}	۶۷۱/۰۵ ^{**}	۰/۵۷ ^{**}	۳۷/۶۰ ^{**}	۱/۲۹ ^{**}	۱/۴۰ ^{**}	۱۸۱۴/۱۶ ^{**}	۱۰۶۴/۶۵ ^{**}	۷۱۹/۰۲ ^{**}
بلوک در سال R(Y)	۴	۱۵۷۱۱/۱	۰/۴۰	۰/۰۰۴	۰/۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۸	۳۴/۶۵	۹/۰۹	۰/۳۳
نیتروژن (N)	۲	۲۷۳۵۶۵۱/۵ ^{**}	۱۷۰/۵۲ ^{**}	۰/۲۳ ^{**}	۰/۸۳ ^{**}	۶/۱۹ ^{**}	۱/۹۹ ^{**}	۱۰۴/۲۱ ^{**}	۴۴۰/۹۷ ^{**}	۸۳۶/۹۳ ^{**}
Y*N	۲	۳۲۴۳/۱ ^{ns}	۵/۸۰ ^{**}	۰/۰۰۳ ^{**}	۱/۹۰ ^{**}	۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{**}	۴/۶ ^{**}	۶/۰۰۳ ^{**}	۹۹/۲۲ ^{**}
R*N(Y)	۸	۳۴۰۶/۲	۰/۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۹	۰/۰۱	۴/۰۳	۳/۴۷	۰/۰۵
رقم (V)	۲	۱۰۷۴۱۸۹/۶ ^{**}	۰/۰۸ ^{**}	۰/۰۰۳ ^{**}	۰/۰۰۰۹ ^{ns}	۰/۰۱ [*]	۰/۰۳ ^{**}	۰/۳۸ ^{ns}	۶/۲۶ ^{**}	۰/۲۴ ^{**}
N*V	۴	۶۴۳۷۴/۳ ^{**}	۰/۰۶ ^{**}	۰/۰۰۲ ^{**}	۰/۰۰۹ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۱ ^{**}	۰/۰۸ ^{ns}	۳/۹۱ ^{**}	۰/۰۱ [*]
Y*V	۲	۴۶۵/۵ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۶ ^{ns}	۰/۰۱ ^{**}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۲۱ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}
Y*N*V	۴	۱۸۱۴/۰۷ ^{**}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۶ ^{ns}	۰/۰۱ ^{**}	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۳۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۱ ^{ns}
خطای آزمایش	۲۲	۳۳۳۴/۱	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۹	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۸۵	۰/۴۶	۰/۰۰۵
کل	۵۲	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ضریب تغییرات (C.V)	-	۱/۶۸	۰/۸۱	۱/۲۸	۵/۴۷	۰/۷۸	۳/۷۲	۳/۲۳	۱/۴۶	۰/۵۵

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد * معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد ns غیر معنی‌دار

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب غلظت عناصر غذایی قابل جذب خاک پس از برداشت کلزا تحت تاثیر منابع نیتروژن.

میانگین مربعات									
منابع تغییر	درجه آزادی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس	گوگرد
سال (Y)	۱	۰/۰۰۶**	۵۷۶۳/۸۰**	۳۴۰۴۹۵/۸۵**	۱۴۲۹/۷۵**	۴۵۳۵/۷۵**	۱۰۴۰/۱۸**	۰/۲۴۵**	۱۰۰۷/۵۰**
بلوک در سال R(Y)	۴	۰/۰۰۰۸	۱/۷۴	۱۱/۳۷	۱/۰۶	۲/۵۰	۵/۴۷	۰/۰۲	۷/۵۱
نیتروژن (N)	۲	۰/۰۰۱**	۱۶۳/۶۸**	۲۵۱۵۸/۸۳**	۲۲/۴۴**	۹۸/۰۲**	۳۱/۷۳**	۳/۳۰**	۱۶۹۳/۶۸**
Y*N	۲	۰/۰۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۳۰*	۳۰۷۶/۰۲**	۴۸/۴۲**	۰/۲۷**	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۱۰**	۷۴/۷۰**
R*N(Y)	۸	۰/۰۰۰۰۱	۱/۳۹	۷/۳۱	۰/۰۴	۰/۱۵	۰/۰۳	۰/۰۱	۴/۹۰
رقم (V)	۲	۰/۰۰۰۱**	۰/۱۱ ^{ns}	۷۶/۴۶**	۰/۲۶**	۰/۱۴**	۰/۰۷**	۰/۰۰۰۳ ^{ns}	۸/۱۶**
N*V	۴	۰/۰۰۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۱/۰۰ ^{ns}	۰/۰۳**	۰/۰۴**	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۳ ^{ns}	۱/۵۱*
Y*V	۲	۰/۰۰۰۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۵ ^{ns}	۴/۱۷ ^{ns}	۰/۰۲۱*	۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۳۰ ^{ns}
Y*N*V	۴	۰/۰۰۰۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۵ ^{ns}	۰/۵۰ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۹ ^{ns}	۰/۰۰ ^{ns}
خطای آزمایش	۳۲	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۸	۱/۵۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۸	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴	۰/۵۸
کل	۵۳	-	-	-	-	-	-	-	-
ضرب تغییرات (C.V)	-	۶/۹۳	۱/۵۰	۰/۴۵	۱/۰۴	۰/۲۱	۱/۶۹	۴/۶۱	۳/۰۳

**مغنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد *مغنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد ns: غیر مغنی‌دار

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه کلزا و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک پس از برداشت محصول تحت تاثیر سال.

سال	عملکرد دانه (kg/ha)	رطوبت جرمی (%)	چگالی ظاهری (g/cm ³)	EC (dS/m)	pH (1:1)	ماده آلی (%)	درصد اشباع	تخلخل (%)	سرعت نفوذ آب (cm/h)
اوّل	۳۳۲۲ ^b	۱۳/۲۴ ^b	۱/۲۹ ^a	۱/۳۳ ^b	۷/۳۷ ^b	۰/۹ ^b	۲۱ ^b	۴۴/۰۰ ^b	۱۱/۴۴ ^b
دوّم	۳۵۴۵ ^a	۱۷/۳۱ ^a	۱/۱۷ ^b	۲/۲۹ ^a	۷/۵۵ ^a	۱/۰۸ ^a	۲۵	۴۹/۱۳ ^a	۱۵/۶۵ ^a

ادامه جدول ۴- مقایسه میانگین‌های عناصر غذایی خاک پس از برداشت محصول تحت تاثیر سال.

سال	نیتروژن (%)	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس	گوگرد
اوّل	۰/۰۴ ^b	۱۳/۳۵ ^b	۲۲۸/۲۲ ^b	۴/۸۳ ^b	۳۶/۵۲ ^b	۲/۳۰ ^b	۱/۴۰ ^b	۲۲/۷۲ ^b
دوّم	۰/۰۶ ^a	۲۵/۲۸ ^a	۳۱۹/۹۱ ^a	۱۰/۷۷ ^a	۴۷/۱۰ ^a	۷/۳۷ ^a	۱/۴۸ ^a	۲۷/۷۱ ^a

میانگین‌هایی که در هر ستون برای هر تیمار دارای حروف مشترک می‌باشند اختلاف مغنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD ندارند

را در مقایسه با دیگر تیمارها افزایش داد، کاربرد کود آلی آزوکمپوست اثرات بارزتری در مقایسه با تیمار تغذیه تلفیقی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و فراهمی عناصر غذایی خاک داشت. مع‌الوصف، کود آلی آزوکمپوست نتوانست برتری مغنی‌داری از نظر عملکرد دانه نسبت به تیمارهای دیگر داشته باشد. دلیل این امر می‌تواند افزایش رطوبت خاک بر اثر بالا بودن قدرت جذب به وسیله آزوکمپوست، حفظ رطوبت خاک و رهاسازی تدریجی

در این آزمایش، در سال دوّم زراعی تیمار تغذیه تلفیقی از حیث عملکرد دانه و غلظت گوگرد قابل جذب و تیمار تغذیه آلی (آزوکمپوست) از نظر درصد رطوبت جرمی، هدایت الکتریکی، ماده آلی، درصد تخلخل و نفوذپذیری خاک نسبت به آب و همچنین فراهمی عناصر غذایی فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز و مس در مقایسه با دیگر تیمارها برتر بودند (جدول ۵). نتایج نشان داد که در سال دوم زراعی، علیرغم این که تیمار تغذیه تلفیقی عملکرد دانه

عناصر غذایی تا مراحل انتهایی رشد گیاه باشد. چون، در چنین شرایطی، عادت رشد نامحدود کلزا (خاتمیان اسکویی، ۱۳۹۰) تقویت می‌شود و ضمن ایجاد شاخه و برگ‌های جدید سبب تشکیل خورجین‌های دیرهنگام بر روی بوته کلزا می‌شود که نتیجه‌ای به جز هدر روی مصرف مواد فتوسنتزی و افت عملکرد ندارد. احتمالاً کاربرد آزوکمپوست و ایجاد چنین شرایطی در خاک‌های زراعی در کشت گیاهان با رشد محدود نظیر غلات دانه ریز می‌تواند در راستای ارتقای کمیت و کیفیت محصول بسیار مؤثرتر واقع شود. بدین ترتیب، به نظر می‌رسد که تیمار تغذیه تلفیقی از طریق جلوگیری از رشد نامحدود کلزا و تامین رطوبت و عناصر غذایی، متناسب با نیاز گیاه زراعی تا مراحل انتهایی رشد سبب افزایش عملکرد دانه کلزا می‌شود.

به علاوه، از نتایج بدست آمده چنین استنباط می‌شود که منبع کود نیتروژن و ارقام کلزا می‌توانند ساختمان و کفایت خاک و عناصر غذایی قابل جذب را تحت تأثیر قرار دهند و تداوم در مصرف کودهای آلی می‌تواند نقش بارزتری در بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و فراهمی عناصر غذایی خاک داشته باشد. چون، کاربرد مواد آلی ضمن افزایش فعالیت ریزجانداران و ایجاد تنوع زیستی در خاک، سبب افزایش حجم، تخلخل و تهویه خاک می‌شود. به علاوه، مواد آلی به عنوان منبع تأمین عناصر غذایی برای گیاهان می‌باشند. در این راستا، نشان داده شده است که در سالهای مختلف زراعی، تفاوت‌های معنی‌داری از نظر جذب و به‌کارگیری نیتروژن از منابع مختلف وجود داشت (سونجاک و رنگل ۲۰۰۶). همچنین، فرجی (۱۳۸۵) نشان داد که عملکرد دانه کلزا تحت

تأثیر سال و شرایط محیطی قرار می‌گیرد. روش تغذیه تلفیقی، عملکرد دانه در رقم لیکورد و غلظت عناصر غذایی فسفر، پتاسیم، منگنز، روی و مس قابل جذب گیاه در خاک را افزایش داد (جدول ۶). به نظر می‌رسد که رقم لیکورد در مقایسه با دیگر ارقام کلزای مورد مطالعه، نیاز کمتری به مواد غذایی خاک داشته و با جذب و انتقال کمتر مواد غذایی از خاک به اندام‌های رویشی و زایشی گیاه سبب گردید که غلظت عناصر غذایی قابل جذب گیاه در خاک پس از برداشت محصول کلزا نسبت به ارقام دیگر بیشتر باشد. همچنین، افزایش عملکرد دانه رقم لیکورد در تیمار تغذیه تلفیقی که در آن کاربرد کود شیمیایی نیتروژن به میزان ۵۰ درصد کاهش داشته است، می‌تواند موید این موضوع باشد که رقم لیکورد در شرایط کمبود مواد غذایی می‌تواند عملکرد بهتری در مقایسه با ارقام مشابه داشته باشد. در این خصوص، محققان گزارش کرده‌اند که با بهبود ساختمان فیزیکی و شیمیایی خاک، فعالیت بیولوژیک آن افزایش یافته و این امر سبب افزایش رهاسازی و غلظت عناصر غذایی قابل جذب خاک می‌شود (لیوپوای و همکاران ۲۰۰۴). بدین ترتیب، کاربرد تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی باعث ایجاد ثبات و پایداری بیشتر تولید محصول در مقایسه با کاربرد کودهای شیمیایی می‌شود (پاول و بیوکمپ ۱۹۹۳، رامشور و سینگ ۱۹۹۸) و راه‌کار مدیریت و جایگزینی مواد آلی از طریق کاربرد کمپوست به روند کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی حاصل از مصرف کودهای شیمیایی و ممانعت از افت عملکرد محصولات زراعی کمک می‌کند (ابوی و ویدمار ۲۰۰۰).

جدول ۳- میانگین های میانگین دانه کلزا و ویژگی های آلی نیتروژن و شیمیایی و غلظت عناصر غذایی قابل جذب پس از برداشت محصول محمول تحت اثر منابع نیتروژن

منابع نیتروژن سال × منابع نیتروژن	چگالی ظاهری (g/cm ³)	EC (dS/m)	pH (1:1)	ماده آلی (%)	تورم (نسبت)	تخلخل (%)
۳۷/۴۴ ^a	۱۲۱۴ ^a	۱۲۳ ^a	۷۸۳ ^c	۱۱۰۰ ^b	۳۱۰۰۰۰ ^c	۳۷/۴۴ ^a
۳۳/۴۰ ^c	۱۲۳۱ ^b	۱۲۳ ^a	۷۳۳ ^b	۱۰۹۰ ^c	۳۳۱۰۰۰ ^d	۳۳/۴۰ ^c
۳۱/۱۷ ^d	۱۱۳۹ ^d	۱۵۳ ^d	۷۵۷ ^b	۱۰۹۰ ^c	۳۳۱۰۰۰ ^d	۳۱/۱۷ ^d
۳۱/۱۸ ^d	۱۱۳۹ ^d	۲۶۰ ^b	۷۸۱ ^c	۱۱۳۱ ^b	۳۳۱۰۰۰ ^d	۳۱/۱۸ ^d
۳۸/۳۷ ^b	۱۱۷۹ ^d	۲۱۰ ^b	۷۳۵ ^b	۱۱۳۱ ^b	۳۳۱۰۰۰ ^d	۳۸/۳۷ ^b
۳۶/۹۴ ^b	۱۲۳۴ ^b	۱۲۳ ^a	۷۶۳ ^b	۱۰۸۰ ^c	۳۳۱۰۰۰ ^d	۳۶/۹۴ ^b

انگاره جدول ۳- میانگین میانگین های غلظت عناصر غذایی قابل جذب خاک پس از برداشت محصول تحت اثر منابع نیتروژن سال × منابع نیتروژن

انگاره	نیتروژن	پتاسیم	کلسیم	آهن	منابع نیتروژن	سالی	انگاره
سال اول	۱۵۱۱۰۰ ^d	۳۴۴۱۰۰ ^c	۲۴۱۰۰ ^d	۷۱۰ ^d	۳۷/۴۴	۳۷/۴۴	سال اول
منابع نیتروژن	۱۳۳۳۰ ^e	۲۲۹۰۰ ^d	۵۸۹ ^d	۲۲۹۰۰ ^d	۳۳/۴۰	۳۳/۴۰	منابع نیتروژن
سال دوم	۲۲۹۰۰ ^d	۳۵۲۱۰۰ ^b	۱۲۱۰ ^d	۲۱۳۰۰ ^e	۳۱/۱۷	۳۱/۱۷	سال دوم
منابع نیتروژن	۲۲۹۰۰ ^d	۳۳۳۰۰ ^b	۱۰۷۰ ^d	۳۰۳۳۰ ^b	۳۸/۳۷	۳۸/۳۷	منابع نیتروژن
سال اول	۲۲۹۰۰ ^d	۳۳۳۰۰ ^b	۹۶۰ ^e	۳۰۳۳۰ ^b	۳۶/۹۴	۳۶/۹۴	سال اول

میانگین های که در هر ستون برای هر تیمار بازاریابی مورد استفاده شده است. میانگین های نیتروژن سال × منابع نیتروژن [LSD] ذکر شده است.

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه کلزا، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و غلظت عناصر قابل جذب خاک پس از برداشت محصول تحت اثر متقابل منابع نیتروژن × ارقام کلزا.

عملکرد دانه (kg/ha)	رطوبت جرمی (%)	چگالی (g/cm ³)	EC (dS/m)	pH (1:1)	ماده آلی (%)	درصد اشباع	تخلخل (%)	سرعت نفوذ آب (cm/h)
ازوکیپوست								
Okapi	۱۷/۱۴ ^b	۳۰۶۵ ^b	۱/۱۱ ^c	۷/۲۲ ^d	۱/۱۳ ^b	۲۸/۶۲ ^b	۴۹/۶۱ ^{ab}	۱۷/۰۰ ^b
Modena	۱۷/۲۳ ^b	۳۱۶۴ ^c	۱/۱۱ ^c	۷/۸۹ ^{de}	۱/۱۵ ^b	۲۸/۶۵ ^b	۴۹/۴۸ ^b	۱۷/۱۲ ^a
Licord	۱۷/۳۳ ^a	۳۳۱۷ ^c	۱/۱۹ ^a	۷/۱۸ ^e	۱/۲۳ ^a	۲۸/۷۷ ^b	۴۹/۸۷ ^a	۱۷/۱۹ ^a
تغذیه تلفیقی (۵۰٪ آزوکیپوست + ۵۰٪ اوره)								
Okapi	۱۴/۸۱ ^d	۳۴۸۳ ^c	۱/۱۶ ^b	۷/۳۷ ^b	۰/۹۹ ^d	۲۹/۸۰ ^a	۴۶/۸۱ ^c	۱۴/۱۵ ^d
Modena	۱۴/۹۱ ^c	۳۵۱۲ ^c	۱/۱۶ ^b	۷/۳۳ ^c	۱/۰۰ ^e	۲۹/۹۱ ^a	۴۵/۴۳ ^d	۱۴/۲۲ ^c
Licord	۱۴/۷۹ ^d	۳۸۲۷ ^a	۱/۱۶ ^b	۷/۳۳ ^c	۱/۰۰ ^e	۲۹/۹۳ ^a	۴۶/۲۷ ^c	۱۴/۲۵ ^c
اوره								
Okapi	۱۳/۳۳ ^c	۳۴۴۶ ^c	۱/۲۱ ^a	۷/۸۵ ^d	۰/۷۸ ^e	۲۶/۸۶ ^d	۴۳/۲۶ ^c	۹/۲۷ ^f
Modena	۱۳/۷۸ ^c	۳۴۸۳ ^c	۱/۲۹ ^b	۷/۸۳ ^d	۰/۷۹ ^e	۲۷/۲۳ ^c	۴۴/۲۵ ^c	۹/۲۲ ^c
Licord	۱۳/۷۶ ^c	۳۶۱۶ ^c	۱/۲۸ ^b	۷/۸۵ ^d	۰/۷۹ ^e	۲۷/۱۴ ^{cd}	۴۴/۶۳ ^c	۹/۳۷ ^e

میانگین‌هایی که در هر ستون برای هر تیمار دارای حروف مشترک می‌باشند اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD ندارند.

ادامه جدول ۶- مقایسه میانگین‌های غلظت عناصر غذایی قابل جذب خاک پس از برداشت محصول تحت اثر متقابل منابع نیتروژن × ارقام کلزا.

ازوکیپوست	نیتروژن (%)		
	فسفر	پتاسیم	آهن
Okapi	۰/۰۷ ^a	۲۹/۷۸ ^b	۸/۰۷ ^c
Modena	۰/۰۶ ^a	۲۹/۸۳ ^b	۸/۰۸ ^c
Licord	۰/۰۶ ^a	۲۹/۸۸ ^b	۸/۰۶ ^b
تغذیه تلفیقی (۵۰٪ آزوکیپوست + ۵۰٪ اوره)			
Okapi	۰/۰۵ ^b	۲۶/۶۶ ^c	۸/۱۳ ^{bc}
Modena	۰/۰۵ ^b	۲۶/۹۳ ^d	۸/۲۷ ^a
Licord	۰/۰۵ ^b	۲۶/۸۱ ^c	۸/۳۳ ^a
اوره			
Okapi	۰/۰۴ ^c	۲۵/۲۷ ^d	۷/۰۱ ^d
Modena	۰/۰۳ ^d	۲۵/۸۵ ^b	۷/۰۳ ^d
Licord	۰/۰۳ ^d	۲۵/۹۴ ^c	۷/۰۴ ^d

میانگین‌هایی که در هر ستون برای هر تیمار دارای حروف مشترک می‌باشند اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD ندارند.

بقایای گیاهی می‌باشد و این امر در دراز مدت می‌تواند منجر به تخلیه خاک از نظر عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان شود. بدین ترتیب، باید با اعمال روش‌های صحیح به‌زراعی، مواد آلی بستر کاشت را که منبع مهمی برای تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان می‌باشد، افزایش داد.

به‌طور کلی، سیستم تغذیه تلفیقی در مقایسه با سیستم تغذیه شیمیایی (اوره)، سبب افزایش فراهمی عناصر غذایی خاک در زراعت کلزا گردید. دلیل این امر می‌تواند افزایش مواد آلی خاک، در تیمار تغذیه تلفیقی در مقایسه با تیمار تغذیه شیمیایی باشد که مواد آلی افزوده شده به خاک بر اثر تجزیه میکروبی سبب رهاسازی عناصر غذایی در خاک و جذب آن توسط گیاه کلزا می‌شود و در نهایت منجر به بهبود رشد و عملکرد گیاه می‌شود. به علاوه، نتایج نشان داد که عملکرد دانه کلزا در سیستم تغذیه آلی، کاهش یافت. چون، استفاده از کود نیتروژنی برای تولید عملکرد بهینه کلزا ضروری می‌باشد (راتک و همکاران ۲۰۰۵) ولی، در کودهای آلی نیتروژن به آهستگی و به تدریج آزاد شده و به میزان کمتری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (روئی و همکاران ۱۹۹۷).

بدین ترتیب، نتایج نشان داد که امکان حذف کودهای شیمیایی از چرخه تولید گیاهان زراعی وجود ندارد و علیرغم این که کودهای آلی می‌توانند اثرات مطلوبتری بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک داشته باشند، به دلیل رهاسازی کند مواد غذایی به ویژه نیتروژن نمی‌تواند نیاز غذایی گیاهان زراعی را در طول دوره رشد آنها فراهم سازد و موجب کاهش عملکرد محصول می‌شود. حال آن که افزایش تولید گیاهان زراعی یکی از اهداف مهم بخش کشاورزی می‌باشد. بنابر این، لازم است که کودهای آلی به عنوان مکمل و یا به صورت تلفیق با کودهای شیمیایی مورد استفاده قرار گیرند تا در بلند مدت ضمن تولید محصول اقتصادی، زمینه بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نیز فراهم گردد. در این تحقیق، همچنین ترکیب تیماری سال و منابع نیتروژن و ارقام کلزا بر عملکرد دانه و درصد ماده آلی خاک معنی‌دار بود (جدول ۳) و ترکیب تیماری سال دوم و سیستم تغذیه تلفیقی و رقم لیکورد بیشترین عملکرد دانه و درصد ماده آلی خاک را نشان داد. به نظر می‌رسد که بر حسب نوع رقم، ارتقای ماده آلی خاک از طریق تیمار تغذیه تلفیقی، نقش مهمی در افزایش عملکرد دانه ارقام کلزای زمستانه

مواد آلی، علاوه بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های زراعی، حلالیت فسفر و عناصر کم-مصرف به‌ویژه آهن، روی، مس و منگنز خاک را افزایش می‌دهد (شارپلی و همکاران ۲۰۰۴). همچنین، تیمار تغذیه تلفیقی در کشت رقم لیکورد، میزان فراهمی آهن و گوگرد قابل جذب گیاه در خاک را افزایش داد. سیستم تغذیه آلی (آزوکمپوست) در کشت رقم لیکورد بیشترین میزان ماده آلی و کمترین چگالی ظاهری خاک را نشان داد و سیستم تغذیه تلفیقی از نظر صفات فوق در رتبه دوم قرار داشت (جدول ۶). به علاوه، نتایج این تحقیق نشان داد که روش تغذیه آلی (آزوکمپوست) در کشت رقم لیکورد توانست غلظت عناصر غذایی فسفر، پتاسیم، منگنز، روی و مس را در محلول خاک افزایش دهد. چون، کودهای آلی و بقایای گیاهی به عنوان منبع غذایی عمل می‌کنند. در این تحقیق، تیمارهای تغذیه آلی و تلفیقی در کشت رقم لیکورد هر چند ممکن است در مواردی تفاوت معنی‌داری نیز با تیمارهای دیگر نداشته باشد، سبب افزایش مواد آلی و کاهش چگالی ظاهری خاک گردید. این امر احتمالاً می‌تواند ناشی از تولید حجم بیشتر ریشه در رقم لیکورد و برگشت بقایای آن به خاک باشد. به علاوه، ترکیب تیمار روش تغذیه شیمیایی (اوره) و ارقام کلزا، سبب گردید که فراهمی عناصر غذایی قایب جذب گیاه در خاک کاهش یابد و در این راستا، ترکیب تیمار تغذیه شیمیایی (اوره) و اوکاپی، کمترین میزان فراهمی عناصر غذایی قابل جذب گیاه در خاک را نشان داد (جدول ۶).

این نتایج بیانگر آن است که کاربرد کودهای شیمیایی نظیر اوره سبب کاهش میزان عناصر غذایی قابل جذب گیاه در خاک می‌شود. به علاوه، نتایج نشان داد که رقم اوکاپی ظرفیت بیشتری از نظر جذب مواد غذایی دارد، ولی قابلیت این رقم از حیث برگشت مواد آلی و بقایای گیاهی به خاک کمتر می‌باشد. به طور کلی، نتایج بیانگر یکی از مشکلات جدی کاربرد کودهای شیمیایی (کاهش میزان عناصر غذایی قابل جذب گیاه در خاک) در سامانه متداول زراعی در زمین‌های کشاورزی بود. بنابر این، ارقام مختلف کلزا بسته به میزان برگشت بقایای گیاهی به خاک و نیاز غذایی می‌توانند کیفیت فیزیکی و شیمیایی و عناصر قابل دسترس خاک را تحت تاثیر قرار دهند. همچنین، برخی ارقام کلزا نیاز غذایی بالاتری دارند و با جذب بیشتر مواد غذایی سبب کاهش غلظت عناصر غذایی در خاک می‌شوند. به‌طوری که میزان برداشت عناصر غذایی توسط گیاه از خاک بیشتر از برگشت آنها از طریق

خواهد داشت. کودهای شیمیایی و آلی راه حل مناسبی برای پایداری تولید در بخش کشاورزی نخواهد بود.

نتیجه‌گیری کلی

استفاده از کود آلی آزوکمپوست سبب افزایش نفوذپذیری، مواد آلی، هدایت الکتریکی و تخلخل خاک گردید که بیانگر ضرورت افزودن مواد آلی به خاک می‌باشد. همچنین، فراهمی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منگنز، روی و مس در خاک افزایش یافت ولی تیمار تغذیه تلفیقی از نظر صفات فوق در رتبه دوم و از نظر فراهمی آهن و گوگرد در خاک نسبت به بقیه تیمارها برتر بود. همچنین، رقم لیکورد ضمن ایجاد خلل و فرج زیاد، مواد آلی بیشتری به خاک برگرداند. به طور کلی، نتایج حاصل از این پژوهش، بیانگر آن است که تلفیق آزوکمپوست با کود شیمیایی اوره می‌تواند از طریق بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نقش بارزی در تأمین عناصر غذایی مورد نیاز و افزایش عملکرد دانه کلزا ایفا نماید.

به‌علاوه، بهبود برخی ویژگی‌های مرتبط با کیفیت خاک در سال دوم گواه آن است که با کاربرد مواد آلی در کوتاه مدت نمی‌توان ساختمان و کیفیت خاک را تحت تأثیر قرار داد، بلکه دستیابی به این هدف با گذشت زمان میسر خواهد شد. بدین ترتیب، نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد کودهای آلی به صورت تلفیق با کودهای شیمیایی، سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک و تأمین برخی عناصر کم‌مصرف مورد نیاز گیاهان زراعی می‌شود و این امر ضرورت کاربرد کودهای آلی، در راستای اصلاح خاک‌های زراعی و تولید پایدار محصولات کشاورزی را کاملاً نمایان می‌سازد و به نظر می‌رسد که مناسب‌ترین شیوه برای ارتقای کیفیت خاک‌های زراعی در سامانه متداول زراعی فعلی، کاربرد تدریجی کودهای آلی به صورت مکمل و یا تلفیق با کودهای شیمیایی می‌باشد، که ضمن افزایش عملکرد محصول از آلودگی‌های زیست محیطی نیز می‌کاهد، در غیر این صورت، کاربرد جداگانه

منابع مورد استفاده

- حسن‌زاده قورق‌تپه‌ع، ۱۳۸۴. بررسی تأثیر نظام‌های مختلف تغذیه بر عملکرد دانه و کارایی نیتروژن در برخی از ارقام آفتابگردان در آذربایجان غربی. *مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ویژه نامه زراعت و اصلاح نباتات، سال ۱۲، شماره ۴۹، صفحه‌های ۲۰ تا ۲۷.
- خاتمیان اسکویی ع، ۱۳۹۰. مقایسه ۱۶ رقم کلزا از نظر صفات کمی و کیفی در منطقه اراک. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه تربیت مدرس، ۹۰ ص.
- زرین‌کفش م، ۱۳۶۷. خاکشناسی کاربردی (ارزیابی و شناسایی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها و اندازه‌گیری عناصر معدنی در خاک و گیاه). انتشارات دانشگاه تهران، ۲۴۸ ص.
- علی‌احیایی م و بهبهانی‌زاده اع، ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه خاک. جلد اول، موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۸۹۳، تهران، ایران.
- علیزاده ا، ۱۳۸۱. رابطه آب و خاک و گیاه. چاپ سوم، انتشارات آستان قدس رضوی، ۳۵۳ ص.
- فرجی ا، ۱۳۸۵. اثر عوامل زراعی بر عملکرد، اجزاء عملکرد و درصد روغن دو ژنوتیپ بهاره کلزا در منطقه گنبد. *مجله نهال و بذر*، جلد ۲۲، شماره ۳، صفحه‌های ۲۷۷ تا ۲۸۹.
- گرگی‌ناری م، رفاهی حو علیخانی ح، ۱۳۸۶. بررسی اثرات مصرف کود دامی و کود زیستی (ریزوبیوم) در تولید محصول عدس. *مجله علوم کشاورزی ایران*، جلد ۳۸، شماره ۳(۲)، صفحه‌های ۳۰۵ تا ۳۱۱.
- Abawi GS and Widmer TL, 2000. Impact of soil health management practices on soil borne pathogens, nematodes and root diseases of vegetable crops. *Applied Soil Ecology* 15: 37-47.
- Adediran JA, Taiwo LB, Akande MO, Sobulo RA and Idowu OJ, 2004. Application of organic fertilizer for sustainable maize and cowpea yield in Nigeria. *Journal of Plant Nutrition* 27: 1163-1181.
- Ali Khan R and Hussain Khan M, 2006. Organic farming composting and its mechanism. Connecting agri-community for better farming. *Pakistans Largest Agri. Web*.

- Antoun H, Beauchamp CJ, Goussard N, Chabot R and Lalonde R, 1998. Potential of rhizobium and brady rhizobium species as plant growth promoting rhizobacteria on non-legumes: Effect on radish (*Raphanus sativus* L.). Plant and Soil 204: 57-67.
- Bailey KL and Lazarovits G, 2003. Suppressing soil borne diseases with residue management and organic amendment. Soil Tillage Research 72: 169-180.
- Balesdent J, Chenu C and Balabane M, 1999. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. Soil Tillage Research 53: 215-230.
- Eghball B, Wienhold B and Gilley J, 2001. Comprehensive manure management for improve nutrient utilization and environment. Soil and Water Conservation Research 1: 128-135.
- Ghosh PK, Ramesh P, Bandyopadhyay KK, Tripathi K, Hati KM and Misra AK, 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer N, P, K on three cropping systems in vertisols of semi-arid tropics. Crop yield and system performance. Bioresource Technology 95: 77-83.
- Graham PH and Vance CP, 2000. Nitrogen fixation in perspective: an overview of research and extension needs. Field Crop Research 65: 93 - 106.
- Jackson GD, 2000. Effects of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake. Agronomy Journal 92: 644-649
- Khalik A, Kaleen M, Abbasi B and Hussain T, 2006. Effects of integrated use of organic nutrient sources with effective microorganisms (EM) on seed cotton yield in Pakistan. Bioresource Technology 97: 967-972.
- Knudsen D, Peterson GA and Pratt PF, 1982. Lithium, sodium and potassium. Pp.225-246. In: Page AL, Miller RH and Keeney DR (eds). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbial Methods. 2th ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Lupwayi NZ, Clayton GW, O'Donovan JT, Harker KN, Turkington TK and Rice WA, 2004. Soil microbial properties during decomposition of crop residue under conventional and zero tillage. Canadian Journal of Soil Science 84: 411-419.
- Movahedi Naeini SAR and Cook HF, 2000. Influence of municipal waste compost amendment on soil, water and evaporation. Communication in Soil Science and Plant Analysis 31: 3147-3161.
- Page AL, Miller RH and Keeney DR, 1982. Methods of Soil Analysis. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Parmar DK and Sharma TR, 1998. Integrated nutrient supply system for DPPG8, vegetable pea (*Pisum sativum* var. aravense) in dry temperature zone of Himachal Pradesh. Indian Journal of Agricultural Science 68: 247-253.
- Patra DD, Anwar M and Chand S, 2000. Integrated nutrient management and waste recycling for restoring soil fertility and productivity in Japanese mint and mustard sequence in Uttar Pradesh, India. Agriculture, Ecosystem and Environment 80: 267-275.
- Paul JW and Beauchamp EG, 1993. Nitrogen availability for corn in soils amended with urea, cattle slurry, and soil composted manures. Canadian Journal of Soil Science 73: 253-266.
- Ramshwar C and Singh M, 1998. Effect of FYM and fertilizer on the growth and development of maize (*Zea mays* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) in sequence. Indian Journal of Agricultural Science 32: 65-70.
- Rathke GW, Behrens T and Diepenbrock W, 2006. Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review. Agriculture, Ecosystem and Environment 117:90-108.
- Rathke GW, Christen O and Diepenbrock W, 2005. Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. Field Crops Research 94: 103-113.
- Roe NE, Stoffella PJ and Greatz D, 1997. Compost from various municipal solid waste feed stocks affect vegetable crops. I: Emergence and seedling growth. Journal of American Society of Horticultural Science 122: 427-432.
- Sathiyavelu A, Panneerselvam R, Venkatakrihnan AS, Arunachalam L and Purushothaman S, 1994. Effect of organic manure and fertilizer on the productivity of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Indian Journal of Agronomy 39: 497-498.
- Sharpley AN, Mc Dowell R and Kleinmon PJA, 2004. Amounts, forms and solubility of phosphorus in soils receiving manure. Soil. Science Society of American Journal 68: 2048-2057.
- Svecnjak Z and Rengel Z, 2006. Canola cultivars differ in nitrogen utilization efficiency at vegetative stage. Field Crops Research 97: 221-226.
- Tarafdar JC and Marschner H, 1994. Phosphatase activity in the rhizosphere and hyphosphere of VA mycorrhizal wheat supplied with inorganic and organic phosphorus. Soil Biology and Biochemistry 26: 387-395.
- Wong JWC, Fang MKK and Chuung C, 1999. Utilization of a manure compost for organic farming in Hong Kong. Bioresource Technology 67: 43-46.